

3次元点群における変化のリアルタイム検出

境 耕平[†] 植野 祐司[†] 林 宝尉[†] 玉木 徹[†] Bisser Raytchev[†]
金田 和文[†]

[†] 広島大学大学院工学研究科情報工学専攻 739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1

E-mail: tsakai@eml.hiroshima-u.ac.jp

あらまし 本研究では、過去の時刻における3次元点群で表現されたシーンの形状をもとに、現在においてその同じシーンを撮影した画像から、で剛体変化が生じた箇所を検出し、その検出結果を提示する。そのために、設置されている剛体の一部が元あった場所から移動・回転するような剛体変化をリアルタイムで検出するシステムを作成した。

キーワード カメラ位置推定, 変化検出, 特徴量マッチング, 消波ブロック

1. はじめに

近年の観視技術の発達により、災害や事故の原因となる場所を常時観視することで未然に防ぐ対策が望まれている。このような場所を観視することは重要であるが、広範囲にわたって常時観視することは容易ではない。また定期的な観視であっても、異常な変化を自動的に検出する技術があれば、非常に有用であると思われる。またこの技術をリアルタイムで処理できれば、災害が発生した後、災害の被害を現地で確認することができる。

そこで本研究では、過去の時刻（時刻 A）における3次元点群と、現在（時刻 B）においてその同じシーンを撮影した画像から、時刻 A-B 間で剛体変化が生じた箇所を検出し、その検出結果を提示するという手法を用いて設置されている剛体の変化をリアルタイムで検出するシステムを開発する。

2. カメラ位置推定

本節では、時刻 B の画像が入力された時のカメラ位置推定手法について述べる。まず、時刻 A の画像から3次元復元により3次元点群を取得し、局所特徴量を得る。そして、時刻 B の画像で同様の局所特徴量を抽出し、特徴量同士を対応付けることで、時刻 A の3次元点群と時刻 B の画像を対応付ける。最後に、その対応関係を用いて時刻 B の画像のカメラ位置を推定する。

2.1 局所特徴量を保持した3次元点群の構築

時刻 A で撮影された画像 $j = (1, 2, \dots, J)$ から、特徴点 x_j^i と、その点における特徴量 $S(x_j^i)$ を検出する。SIFT (Scale Invariant Feature Transformation) [1] を用いる。SIFT は、画像中でのキーポイント x_j^i 、その位置での特徴量 $S(x_j^i)$ を 128 次元のベクトルで記述する。続いて、バンドル調整 [2] によりカメラ位置 P_j と 3次元点群 X^i を求める。この手法によって復元された3次元点群は、画像における特徴点に対応するもののみであるため、疎であ

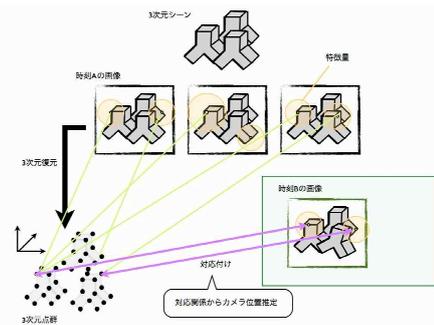


図1 カメラ位置推定法

る。そのため、ここで求めたカメラ位置から Multi-view Stereo により、密な3次元点 X^i と法線ベクトル $n(X^i)$ を取得する [3, 4]。

次に、 X^i を P_j により画像に投影する。そして、 X^i を画像 j へ P_j により投影した画像上の点 u_j^i において、再度 SIFT 特徴量を抽出する。そして、 $S(u_j^i)$ と、 X^i を対にしてデータベースに保存する。

2.2 カメラ位置推定手法

図1に示すように時刻 B で撮影された画像から抽出した SIFT 特徴量 $S(x^i)$ を用いて、時刻 A の SIFT 特徴量 $S(u_j^i)$ と対応付け、時刻 B の画像の特徴点 x^i と 3次元点 X^i の対応関係を求める。

3. 近傍画像を用いた対応付け手法

まず、時刻 A の画像の中から、時刻 B の画像と最も類似している画像を探索する。次に、探索された時刻 A の画像の特徴量が保存されている3次元点群の特徴量と時刻 B の画像の特徴量を対応付け、多対応を除去をし、outlier を除去する。

もっとも類似しているの画像は時刻 B の画像に対して最も視差変化が少ない画像だと考えられる。そのため、もっとも類似している画像と時刻 B の画像を対応付けたときには、正しい対応が得られる。そこで、時刻 B の画像

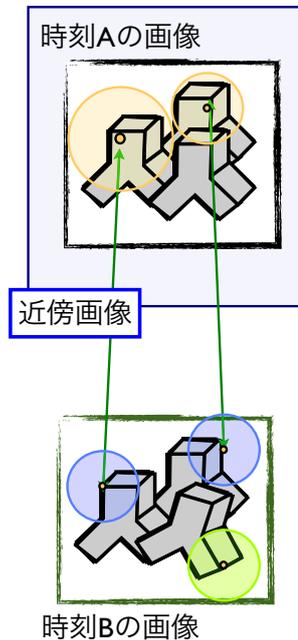


図 2 対応関係の比較

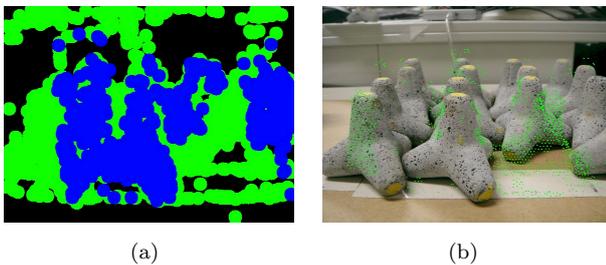


図 3 (a) 領域分割画像. 緑: 対応がとれなかった領域, 青: 対応がとれた領域. (b) 対応がとれなかった領域の点のみを投影した画像.

の特徴量 \mathbf{X}^i 同士の距離とそれに対応する SIFT 特徴量 $S(\mathbf{x}^i)$ と, 3次元点群 \mathbf{X}^i に保存される特徴量 $S(\mathbf{u}_{J_{max}}^i)$ を, 対応付ける.

4. 剛体変化検出

本節では, 剛体変化検出のために図 2 に示すような時刻 B の画像の近傍にある時刻 A の画像との対応付の可否により領域分割する手法を提案する. 時刻 B の画像と, その近傍にある時刻 A の画像を, 一般的な SIFT 特徴量の対応付け手法を用いて対応付ける. 次に, 対応付けられた点と, 対応付けられなかった点の周りに一定の領域を作る. そして, 3次元点群を時刻 B の画像に投影したとき, 対応付けられなかった点の周りの領域に投影された点を剛体変化した領域として検出する.

検出した画像を図 3 に示す. 図 3 の緑色の領域が対応が取れなかった特徴点を中心に円形領域を生成したものの, 青色の領域が対応がとれた特徴点を中心に円形領域を生成したものである. この領域分割画像は, 無地画像に緑色の領域, 青色の領域の順に色づけしている. そのため, 対応付けられた領域を失っていない.

5. おわりに

本研究ではある過去の時刻 (時刻 A) と現在の時刻 (時刻 B) の間における 3次元シーンの剛体変化をリアルタイムで検出した. また消波ブロックの模型を用いた実験を行い, 手法が有効であることを示した.

文 献

- [1] David Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", International Journal of Computer Vision, Vol. 60, No. 2, pp. 91-110, 2004.
- [2] Minas Spetsakis, John Yiannis Aloimonos, "A Multi-Frame Approach to Visual Motion Perception, International Journal of Computer Vision, Vol. 6, No. 3, pp. 245-255, 1991.
- [3] Yasutaka Furukawa, Jean Ponce, "Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2007.
- [4] Yasutaka Furukawa, Jean Ponce, "Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 32, No. 8, pp. 1362-1376, 2009.
- [5] David M. Mount, Sunil Arya, "ANN - Approximate Nearest Neighbor Library", <http://www.cs.umd.edu/~mount/ANN/>, 2011/2/8 accessed.
- [6] Richard Hartley, Andrew Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision", Second Edition Cambridge University Press, 2003.